

## 皮膚の可視領域拡散反射率に寄与する内部伝搬光のシミュレーション

### Simulation study of light propagation contributing to the diffuse reflectance spectra of the skin in the visible wavelength range

室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻<sup>1)</sup>, 電気通信大学<sup>2)</sup>  
Division of Production Systems Engineering, Muroran Institute of Technology,  
The University of Electro-Communications

○八木沼優<sup>1)</sup>, 小山祥生<sup>1)</sup>, 竹田駿介<sup>1)</sup>, 山田幸生<sup>2)</sup>, 湯浅友典<sup>1)</sup>, 相津佳永<sup>1)</sup>

<sup>○</sup>Yu Yaginuma<sup>1)</sup>, Yoshiki Koyama<sup>1)</sup>, Syunsuke Takeda<sup>1)</sup>, Yukio Yamada<sup>2)</sup>, Tomonori Yuasa<sup>1)</sup>, Yoshihisa Aizu<sup>1)</sup>

E-mail:20042071@mmm.muroran-it.ac.jp

We simulated light propagation in the skin tissue to investigate the average penetration depth for a given detection area in the visible wavelength range. A Monte Carlo method were used to understand the characteristics of the light propagation in the skin tissue.

#### 1. はじめに

分光反射率に基づく皮膚の光計測においては、光の内部伝搬特性を把握することが重要である。私たちは、ヒト皮膚の近赤外域吸光度スペクトルに寄与する内部伝搬光の振る舞いを、モンテカルロ法によるシミュレーションで研究してきた<sup>1)</sup>。一方、可視領域の拡散反射率は医用診断をはじめ化粧品開発においても積極的に医療されていることから、本研究では可視領域における拡散反射率に寄与する光の平均浸透深さを、照射・検出間距離に対して調べたので報告する。

#### 2. 平均浸透深さの算出

Fig. 1 に示すように、光子を皮膚表面に対して垂直に原点入射させ、原点から距離 $r$ の位置にある幅 $\Delta r$ の円環領域で検出する場合を考える。対象には頬の9層(L1, L2, ..., L9)皮膚モデル<sup>2)</sup>を用いた。照射・検出点間距離 (S-D 間距離)  $r$ を原点から $\Delta r = 0.2$  mm 毎に区分する。任意の円環から検出される  $i$  番目の光子の内部における  $j$  番目の散乱点  $P_{ij}$  を3次元状に区切ったグリッド毎に記録し、全検出光子数分だけ  $z$  軸周りに積算した結果を  $r$ - $z$  座標系にマッピングした例が Fig. 2 である。カラーは各グリッド内における散乱の回数に対応している。このマップの  $z_{ij}$  を用い各光子のエネルギーの重みを考慮して、各円環における検出全光子に関する平均浸透深さを3つの波長で算出した例が Fig. 3 である。図中の破線は9層各層の境界を表しており、太い一点鎖線は表皮層と真皮層の境界を示す。420 nm は S-D 間距離に関わらず2層目まで、560 nm は3-4層程度までの浸透に留まっている。一方、700 nm では S-D 間距離が大きくなるにつれて深く浸透することが分かる。S-D 間距離によって分類した拡散反射率の寄与率についても結果を得ており、発表時に報告する。

今後、各層における吸収係数や散乱係数、層の厚みを変更することで、皮膚組織の諸条件の変化が拡散反射率に及ぼす影響を内部光伝搬特性に基づいて定量的に考察する予定である。

#### 参考文献

- 1) 小山祥生, 他, Optics & Photonics Japan (2020.11) G111-17aD2
- 2) Takaaki Maeda, *et al*, Opt. Rev., Vol. 17, No. 3 (2010) 223-229

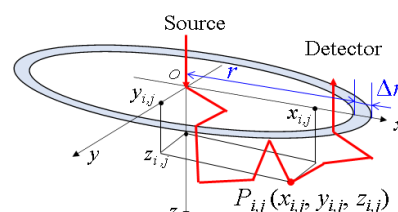


Fig. 1 Model of light propagation between the source and detector.

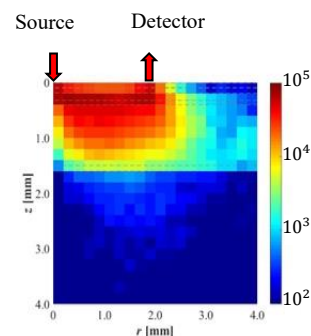


Fig. 2 Distribution of the number of scattering events.

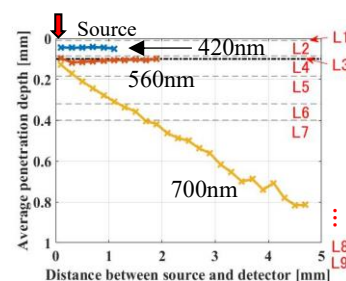


Fig. 3 Average penetration depth versus S-D distance.